

# MATLAB

## 完全自学手册

张志美 等编著

融合丰富的**开发经验**，一本**注重实战**的MATLAB实用手册

矩阵计算 + 数据分析 + 图形绘制 + GUI + 程序设计



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

014011329

TP312MA  
189

# MATLAB

## 完全自学手册



北航

C1697583

TP312MA

189

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

MATLAB 发展至今,其版本已经升级到 MATLAB 2013a,软件如此快速地更新,说明 MATLAB 在各个应用领域不断扩展及深入,也充分说明 MATLAB 的强大功能及开放性、可扩展性。MATLAB 之所以如此流行,一方面是由于其强大的数值计算能力、图形功能和丰富的工具,另一方面是由于 MATLAB 语言的简洁性更加符合工程应用的思维习惯。

本书在编写时兼顾了上述两方面的特点,内容主要针对 MATLAB 2013a。全书分为 6 篇,分别讲述 MATLAB 基础、MATLAB 中的矩阵运算、MATLAB 数据分析、MATLAB 图形、MATLAB 程序设计和 MATLAB 常见工具箱。本书对每个知识点都做到了逐点通过实例进行讲解,并在解决问题时融入了工程实践的经验。

本书可作为高等院校数学与统计专业,以及电子、信息类专业学生的教材,也可作为科学研究和工程技术人员自学教材或使用手册。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 完全自学手册 / 张志美等编著. —北京:电子工业出版社, 2013.10  
ISBN 978-7-121-21595-7

I. ①M… II. ①张… III. ①Matlab 软件—手册 IV. ①TP317-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 234900 号

责任编辑:李利健

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:河北省三河市路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:39 字数:1074.5 千字

印 次:2013 年 10 月第 1 次印刷

定 价:85.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010) 88258888。

# 前言

“当我在学习 MATLAB 时，需要怎样的一本书？”

这是作者写作本书时始终问自己的一个问题。时至今日，MATLAB 以其强大的数值计算能力、卓越的数据可视化功能、内容丰富的工具箱、开放性的程序接口、简洁的程序语言风格使其成为每个工程科学研究人员必须掌握的开发利器。而要真正掌握并得心应手地运用 MATLAB，并不是一件容易的事情。

本书以 MathWorks 公司发布的 MATLAB 2013a 版为平台，该版本能够向下兼容 MATLAB 的其他版本，用户在其他版本上的应用程序可以方便地移植到该版本下实现。同时，MATLAB 2013a 提供了许多新的特性，拓展了应用领域。本书既注重 MATLAB 基础知识的讲解和使用，又兼顾实际应用，旨在更好地满足 MATLAB 使用者的需要。

## 本书特点

本书秉承了“易学、全面、实用、精讲、细致”的原则，在具体内容和体系结构上突出以下特点。

- **易学：**全书及各章的内容体系安排遵循作者亲身学习和使用的经验，先易后难，循序渐进。对新版本与旧版本的不同之处进行了特别说明。重视基本概念和基本知识的讲解。
- **全面：**本书内容全面，涵盖面广，难易结合，适合各个层次的科学工作者和工程技术人员使用。
- **实用：**本书采用了大量的实例，所有的实例都具有较强的代表性，很多实例都有直接的工程应用背景，并附有源代码。
- **精讲：**对实例进行了详细的讲解，并对可能存在疑问的地方给出了说明和提示。讲解知识点时注重采用图、表、例等多种形式的搭配。在讲解 MATLAB 的各种功能时，介绍功能的核心原理和机制，让读者能够知其然，更知其所以然。
- **细致：**在介绍 SIMULINK 仿真功能的时候，结合实际工程模型，从建模到设置方程，使用 SIMULINK 进行仿真设置，得出结果。让读者清楚地了解如何使用 MATLAB 解决实际问题。在介绍 GUI 应用案例的时候，从分析用户需求到设计 GUI 界面、添加对应的程序代码、发布程序、得出结果，让读者对 GUI 开发流程有深刻的理解。

## 本书内容

本书内容分为 6 篇，共 22 章，分别为 MATLAB 基础、MATLAB 中的矩阵运算、MATLAB 数据分析、MATLAB 图形、MATLAB 程序设计和 MATLAB 常见工具箱，内容涉及 MATLAB 的安装与卸载、界面操作、基本入门、数值计算、图形、程序设计、外部接口和工具箱等。

第 1 篇包括第 1 章，主要介绍 MATLAB 2013a 的安装、卸载，以及 MATLAB 的基础知识。

第 2 篇包括第 2 章至第 5 章，主要介绍 MATLAB 中的矩阵运算，包括矩阵、数组、数据类型

和数据结构的创建与应用。

第3篇包括第6章至第9章，主要介绍MATLAB中函数的表示、函数零点、函数数值微分等函数分析以及数值计算、数值分析和符号计算的基础知识和应用。

第4篇包括第10章至第12章，主要介绍MATLAB中的图形操作，包括二维图形、三维图形和高维图形的绘制、图形对象的设置及应用等。

第5篇包括第13章至第19章，主要介绍MATLAB程序设计调试、用户界面设计、I/O操作、MATLAB编译器等，涉及内容广泛、实用。

第6篇包括第20章至第22章，主要介绍MATLAB常见的工具箱，包括图像处理工具箱、信号处理工具箱和小波工具箱的使用及具体的工程应用实例。

本书实例涉及的源文件下载地址为：

<http://www.broadview.com.cn/21595>。

## 本书的读者

- 科学研究人员
- 工程技术人员
- 经济学专业研究生
- 电子、信息类专业研究生
- 希望了解C、FORTRAN与MATLAB混合编程的程序设计人员
- 机械、自动化专业研究生

本书主要由张志美编写，参与编写的人员还有程立英、齐维毅。由于作者水平有限，在编写过程中难免有疏漏和不妥之处，敬请广大专家和读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 第 1 篇 MATLAB 基础

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第 1 章 MATLAB 2013a 概述 .....     | 2  |
| 1.1 MATLAB 简介 .....             | 2  |
| 1.1.1 MATLAB 的发展 .....          | 2  |
| 1.1.2 MATLAB 的主要功能 .....        | 3  |
| 1.1.3 MATLAB 2013a 的新特性 .....   | 3  |
| 1.2 MATLAB 2013a 安装与卸载 .....    | 4  |
| 1.2.1 MATLAB 2013a 安装 .....     | 4  |
| 1.2.2 MATLAB 2013a 卸载 .....     | 7  |
| 1.3 MATLAB 2013a 用户界面 .....     | 8  |
| 1.3.1 菜单栏简介 .....               | 8  |
| 1.3.2 命令窗口 .....                | 10 |
| 1.3.3 历史命令窗口 .....              | 12 |
| 1.3.4 工作空间窗口 .....              | 12 |
| 1.3.5 当前目录窗口 .....              | 13 |
| 1.3.6 帮助系统简介 .....              | 14 |
| 1.4 MATLAB 2013a 基础知识 .....     | 16 |
| 1.4.1 MATLAB 2013a 基本数值计算 ..... | 16 |
| 1.4.2 MATLAB 2013a 矩阵处理 .....   | 19 |
| 1.4.3 MATLAB 2013a 数据可视化 .....  | 20 |
| 1.4.4 MATLAB 2013a 程序设计功能 ..... | 22 |
| 1.5 小结 .....                    | 23 |

## 第 2 篇 MATLAB 中的矩阵运算

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 2 章 MATLAB 2013a 的矩阵操作 ..... | 26 |
| 2.1 矩阵的生成 .....                | 26 |
| 2.1.1 简单矩阵的创建 .....            | 26 |
| 2.1.2 调用函数创建特殊矩阵 .....         | 27 |
| 2.2 矩阵的拼接 .....                | 29 |
| 2.2.1 基本拼接 .....               | 29 |
| 2.2.2 拼接函数 .....               | 30 |

|       |                          |    |
|-------|--------------------------|----|
| 2.3   | 改变矩阵尺寸 .....             | 32 |
| 2.3.1 | 扩大矩阵的尺寸 .....            | 32 |
| 2.3.2 | 缩小矩阵的尺寸 .....            | 33 |
| 2.4   | 改变矩阵形状 .....             | 33 |
| 2.5   | 向量、标量与空矩阵 .....          | 35 |
| 2.5.1 | 向量 .....                 | 35 |
| 2.5.2 | 标量 .....                 | 37 |
| 2.5.3 | 空矩阵 .....                | 37 |
| 2.6   | 矩阵寻访 .....               | 39 |
| 2.6.1 | 下标转换 .....               | 39 |
| 2.6.2 | 访问单元素 .....              | 40 |
| 2.6.3 | 访问多元素 .....              | 41 |
| 2.7   | 获取矩阵信息 .....             | 42 |
| 2.7.1 | 获取矩阵元素的数据类型 .....        | 42 |
| 2.7.2 | 获取矩阵的数据结构 .....          | 44 |
| 2.7.3 | 获取矩阵的尺寸信息 .....          | 44 |
| 2.8   | 高维数组 .....               | 45 |
| 2.8.1 | 高维数组的创建 .....            | 46 |
| 2.8.2 | 访问高维数组的信息 .....          | 48 |
| 2.8.3 | 高维数组操作函数 .....           | 49 |
| 2.9   | 小结 .....                 | 51 |
| 第 3 章 | MATLAB 2013a 的数据类型 ..... | 52 |
| 3.1   | MATLAB 中的数值类型 .....      | 52 |
| 3.1.1 | 整数类型 .....               | 52 |
| 3.1.2 | 单精度浮点型 .....             | 54 |
| 3.1.3 | 双精度浮点类型 .....            | 56 |
| 3.1.4 | 复数 .....                 | 57 |
| 3.1.5 | 无穷 .....                 | 58 |
| 3.1.6 | 非数 .....                 | 59 |
| 3.2   | MATLAB 中的逻辑类型 .....      | 60 |
| 3.2.1 | 逻辑类型 .....               | 60 |
| 3.2.2 | 关系运算符 .....              | 62 |
| 3.2.3 | 逻辑运算符 .....              | 65 |
| 3.2.4 | 运算符的优先级 .....            | 67 |
| 3.3   | MATLAB 中的字符与字符串 .....    | 69 |
| 3.3.1 | 字符数组的建立 .....            | 69 |
| 3.3.2 | 字符串的比较 .....             | 71 |
| 3.3.3 | 字符串的查找与替换 .....          | 72 |
| 3.3.4 | 字符串与数值类型的互相转换 .....      | 73 |
| 3.4   | 小结 .....                 | 74 |

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 第 4 章 | 元胞数组和构架数组     | 75  |
| 4.1   | 元胞数组          | 75  |
| 4.1.1 | 直接创建元胞数组      | 75  |
| 4.1.2 | 调用函数生成元胞数组    | 76  |
| 4.1.3 | 元胞数组的扩容、删减和重置 | 77  |
| 4.1.4 | 访问元胞数组内容      | 79  |
| 4.1.5 | 嵌套元胞数组        | 80  |
| 4.1.6 | 字符串元胞数组       | 82  |
| 4.2   | 构架数组          | 83  |
| 4.2.1 | 创建构架数组        | 83  |
| 4.2.2 | 访问构架数组元素      | 85  |
| 4.3   | 小结            | 85  |
| 第 5 章 | 矩阵分析          | 87  |
| 5.1   | 数值计算中的矩阵      | 87  |
| 5.1.1 | MATLAB 中的矩阵应用 | 87  |
| 5.1.2 | 线性代数方程的矩阵求解法  | 87  |
| 5.1.3 | 最大(小)值        | 88  |
| 5.2   | 矩阵基本运算        | 88  |
| 5.2.1 | 矩阵的加、减        | 88  |
| 5.2.2 | 矩阵乘法          | 89  |
| 5.2.3 | 矩阵除法          | 92  |
| 5.2.4 | 矩阵的幂          | 94  |
| 5.2.5 | 矩阵按位运算        | 95  |
| 5.2.6 | 关系运算          | 99  |
| 5.3   | 矩阵特征量         | 102 |
| 5.3.1 | 矩阵的行列式        | 102 |
| 5.3.2 | 矩阵的逆          | 103 |
| 5.3.3 | 矩阵的范数         | 105 |
| 5.3.4 | 矩阵的条件数        | 107 |
| 5.3.5 | 矩阵的秩          | 110 |
| 5.4   | 矩阵分解          | 111 |
| 5.4.1 | 特征分解          | 112 |
| 5.4.2 | Schur 分解      | 114 |
| 5.4.3 | Cholesky 分解   | 115 |
| 5.4.4 | LU 分解         | 116 |
| 5.4.5 | QR 分解         | 119 |
| 5.4.6 | SVD 分解        | 119 |
| 5.5   | 矩阵函数          | 123 |
| 5.5.1 | 矩阵函数的概念       | 123 |
| 5.5.2 | 常用矩阵函数        | 123 |

|       |          |     |
|-------|----------|-----|
| 5.5.3 | 自定义矩阵函数  | 125 |
| 5.6   | 稀疏矩阵     | 126 |
| 5.6.1 | 稀疏矩阵与全矩阵 | 127 |
| 5.6.2 | 创建稀疏矩阵   | 128 |
| 5.6.3 | 稀疏矩阵的操作  | 131 |
| 5.6.4 | 稀疏矩阵的运算  | 135 |
| 5.7   | 小结       | 140 |

### 第3篇 MATLAB 数据分析

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 第6章   | 函数分析          | 142 |
| 6.1   | MATLAB 中函数的创建 | 142 |
| 6.2   | 函数的零点         | 144 |
| 6.3   | 函数微分          | 147 |
| 6.4   | 函数积分          | 150 |
| 6.4.1 | 单重数值积分        | 151 |
| 6.4.2 | 多重数值积分        | 153 |
| 6.5   | 函数最优化         | 154 |
| 6.6   | 函数可视化         | 158 |
| 6.7   | 小结            | 162 |
| 第7章   | 数据分析          | 163 |
| 7.1   | 最大(小)值、中位数    | 163 |
| 7.2   | 排序            | 166 |
| 7.3   | 分位数           | 170 |
| 7.4   | 求和(积)、差分      | 170 |
| 7.4.1 | 求和            | 171 |
| 7.4.2 | 求积            | 172 |
| 7.4.3 | 求累计和、积和差分     | 172 |
| 7.5   | 均值和方差         | 174 |
| 7.6   | 数据预处理         | 177 |
| 7.6.1 | 处理缺失数据        | 177 |
| 7.6.2 | 处理异常数据        | 178 |
| 7.7   | 统计分析          | 179 |
| 7.7.1 | 关于数学符号的说明     | 179 |
| 7.7.2 | 几种重要的概率分布     | 180 |
| 7.7.3 | 生成随机数         | 181 |
| 7.7.4 | 数据直方图分析       | 185 |
| 7.7.5 | 数据统计函数        | 188 |
| 7.8   | 小结            | 190 |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 第 8 章 高级数值计算 .....                        | 191 |
| 8.1 多项式 .....                             | 191 |
| 8.1.1 多项式表示 .....                         | 191 |
| 8.1.2 矩阵的特征多项式 .....                      | 191 |
| 8.1.3 求多项式的值 .....                        | 192 |
| 8.1.4 求多项式的根 .....                        | 194 |
| 8.1.5 多项式卷积和反卷积 .....                     | 195 |
| 8.1.6 多项式微积分 .....                        | 195 |
| 8.1.7 有理式的部分展开 .....                      | 197 |
| 8.2 插值 .....                              | 199 |
| 8.2.1 一维插值 .....                          | 199 |
| 8.2.2 二维插值 .....                          | 201 |
| 8.2.3 高维插值 .....                          | 203 |
| 8.2.4 样条插值 .....                          | 205 |
| 8.2.5 插值方法比较 .....                        | 206 |
| 8.3 回归分析 .....                            | 210 |
| 8.3.1 线性回归分析 .....                        | 210 |
| 8.3.2 多项式回归分析 .....                       | 212 |
| 8.3.3 多分量回归分析 .....                       | 213 |
| 8.4 曲线拟合 .....                            | 214 |
| 8.4.1 多项式拟合 .....                         | 215 |
| 8.4.2 指数函数拟合 .....                        | 216 |
| 8.4.3 交互式曲线拟合工具 .....                     | 216 |
| 8.5 傅里叶分析 .....                           | 219 |
| 8.5.1 快速傅里叶变换 (FFT)、逆快速傅里叶变换 (IFFT) ..... | 219 |
| 8.5.2 FFT 的幅度和相位 .....                    | 220 |
| 8.5.3 傅里叶分析的应用例子 .....                    | 222 |
| 8.6 常微分方程 .....                           | 224 |
| 8.6.1 一阶常微分方程 .....                       | 224 |
| 8.6.2 ODE 函数的选择 .....                     | 228 |
| 8.6.3 高阶常微分方程 .....                       | 230 |
| 8.7 小结 .....                              | 231 |
| 第 9 章 符号计算 .....                          | 232 |
| 9.1 符号类型与数值类型的区别 .....                    | 232 |
| 9.2 符号对象及其创建 .....                        | 233 |
| 9.2.1 创建符号变量 .....                        | 233 |
| 9.2.2 创建符号表达式 .....                       | 235 |
| 9.2.3 符号对象与数值的转换 .....                    | 236 |
| 9.3 符号函数 .....                            | 239 |
| 9.3.1 创建符号函数 .....                        | 239 |

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 9.3.2 | 复合函数          | 240 |
| 9.3.3 | 反函数           | 242 |
| 9.3.4 | 特殊符号函数        | 243 |
| 9.4   | 符号表达式的复合和化简   | 243 |
| 9.4.1 | 显示符号表达式       | 243 |
| 9.4.2 | 展开、分解及化简符号表达式 | 244 |
| 9.4.3 | 符号表达式替换       | 247 |
| 9.5   | 符号矩阵          | 249 |
| 9.5.1 | 创建符号矩阵        | 249 |
| 9.5.2 | 符号矩阵的代数运算     | 250 |
| 9.5.3 | 符号矩阵的逻辑运算     | 252 |
| 9.5.4 | 符号矩阵的行列式      | 253 |
| 9.5.5 | 符号矩阵的逆        | 254 |
| 9.5.6 | 符号矩阵的秩        | 255 |
| 9.5.7 | 符号矩阵的特征分解     | 256 |
| 9.5.8 | 符号矩阵的 SVD 分解  | 258 |
| 9.6   | 符号微积分         | 261 |
| 9.6.1 | 极限            | 261 |
| 9.6.2 | 微分            | 264 |
| 9.6.3 | 积分            | 266 |
| 9.6.4 | Taylor 展开     | 268 |
| 9.6.5 | 级数求和          | 270 |
| 9.7   | 符号方程求解        | 271 |
| 9.7.1 | 一般代数方程        | 271 |
| 9.7.2 | 线性代数方程组       | 274 |
| 9.7.3 | 符号常微分方程       | 275 |
| 9.8   | 小结            | 279 |

## 第 4 篇 MATLAB 图形

|        |                |     |
|--------|----------------|-----|
| 第 10 章 | 二维图形           | 282 |
| 10.1   | 二维图形的绘制        | 282 |
| 10.1.1 | 二维图形绘图步骤       | 282 |
| 10.1.2 | 绘制二维图形         | 284 |
| 10.1.3 | 快速绘图函数         | 286 |
| 10.1.4 | 绘制子图           | 288 |
| 10.1.5 | 图形叠绘           | 292 |
| 10.1.6 | 绘制双 Y 轴图形      | 294 |
| 10.1.7 | 交互式绘图函数        | 296 |
| 10.2   | 编辑二维图形         | 300 |
| 10.2.1 | 设置图形线型、数据点型和颜色 | 300 |
| 10.2.2 | 设置坐标轴区间        | 303 |

|        |                        |     |
|--------|------------------------|-----|
| 10.2.3 | 设置图形网格和坐标轴外框           | 305 |
| 10.2.4 | 注释图形                   | 306 |
| 10.3   | 绘制和编辑特殊图形              | 309 |
| 10.3.1 | 绘制和编辑条形图               | 309 |
| 10.3.2 | 绘制和编辑区域图               | 312 |
| 10.3.3 | 绘制和编辑饼状图               | 313 |
| 10.3.4 | 绘制和编辑柱状图               | 315 |
| 10.3.5 | 绘制和编辑离散数据点图形           | 317 |
| 10.3.6 | 绘制和编辑罗盘图               | 318 |
| 10.3.7 | 绘制和编辑羽毛图               | 319 |
| 10.3.8 | 绘制和编辑轮廓图               | 320 |
| 10.3.9 | 绘制和编辑箭头图               | 323 |
| 10.4   | 小结                     | 324 |
| 第 11 章 | 三维图形                   | 325 |
| 11.1   | 绘制三维图形                 | 325 |
| 11.1.1 | 基本绘制函数——plot3 函数       | 325 |
| 11.1.2 | 绘制三维网格——mesh 函数        | 326 |
| 11.1.3 | 绘制三维曲面——surf 函数        | 328 |
| 11.2   | 三维图形编辑                 | 330 |
| 11.2.1 | 色彩处理                   | 330 |
| 11.2.2 | 光源设置                   | 333 |
| 11.2.3 | 视角控制                   | 334 |
| 11.3   | 高维可视化                  | 335 |
| 11.4   | 小结                     | 336 |
| 第 12 章 | 图形对象和句柄                | 337 |
| 12.1   | 图形对象                   | 337 |
| 12.1.1 | 图形对象的体系结构              | 337 |
| 12.1.2 | 图形对象的类型                | 338 |
| 12.1.3 | MATLAB 中对象的属性          | 339 |
| 12.2   | 访问对象句柄                 | 340 |
| 12.2.1 | 获取当前对象的句柄              | 341 |
| 12.2.2 | 调用 findobj 函数通过属性值查询对象 | 342 |
| 12.2.3 | 使用句柄操作对象               | 342 |
| 12.3   | 设置和访问 MATLAB 对象属性      | 344 |
| 12.3.1 | 设置属性值                  | 344 |
| 12.3.2 | 查询属性值                  | 345 |
| 12.3.3 | 默认属性                   | 346 |
| 12.4   | 图形窗口对象                 | 350 |
| 12.4.1 | 设置图形窗口的位置属性            | 350 |
| 12.4.2 | 设置图形窗口的色彩属性            | 351 |

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 12.4.3 | 图像窗口的绘制模式                | 351 |
| 12.4.4 | 定制图形窗口的光标                | 351 |
| 12.5   | 轴对象                      | 352 |
| 12.5.1 | 设置轴对象的位置属性               | 352 |
| 12.5.2 | 设置轴对象的刻度、刻度标记及坐标轴方向属性    | 353 |
| 12.5.3 | 轴对象的多轴重叠                 | 355 |
| 12.5.4 | 轴对象的自动模式属性               | 357 |
| 12.6   | 控制图形输出                   | 357 |
| 12.6.1 | 定制图形输出的窗口                | 357 |
| 12.6.2 | 定制图形输出的轴                 | 357 |
| 12.6.3 | 利用 newPlot 属性定制图形输出的重叠属性 | 358 |
| 12.7   | M 文件内对句柄的操作              | 359 |
| 12.8   | 小结                       | 360 |

## 第 5 篇 MATLAB 程序设计

|        |                    |     |
|--------|--------------------|-----|
| 第 13 章 | MATLAB 2013a 程序设计  | 362 |
| 13.1   | M 文件               | 362 |
| 13.1.1 | M 文件的结构            | 362 |
| 13.1.2 | M 文件分类             | 364 |
| 13.1.3 | 脚本文件               | 365 |
| 13.1.4 | 函数文件               | 367 |
| 13.1.5 | P 码文件              | 370 |
| 13.2   | 变量                 | 371 |
| 13.2.1 | 命名变量               | 372 |
| 13.2.2 | MATLAB 特殊变量        | 372 |
| 13.2.3 | MATLAB 中的关键字       | 374 |
| 13.2.4 | 不同类型的变量            | 375 |
| 13.2.5 | 变量检测函数             | 376 |
| 13.3   | 函数                 | 377 |
| 13.3.1 | 匿名函数               | 378 |
| 13.3.2 | 主函数与子函数            | 378 |
| 13.3.3 | 嵌套函数               | 380 |
| 13.4   | 程序结构及流控制语句         | 381 |
| 13.4.1 | 顺序结构               | 382 |
| 13.4.2 | 循环结构——for 语句       | 383 |
| 13.4.3 | 循环结构——while 语句     | 384 |
| 13.4.4 | 分支结构——if 语句        | 385 |
| 13.4.5 | 分支结构——switch 语句    | 389 |
| 13.4.6 | 纠错结构——try-catch 语句 | 391 |
| 13.4.7 | 跳出循环——continue 语句  | 394 |
| 13.4.8 | 结束循环——break 语句     | 395 |

|        |                         |     |
|--------|-------------------------|-----|
| 13.5   | 交互控制指令 .....            | 396 |
| 13.5.1 | 输入控制——input 指令 .....    | 396 |
| 13.5.2 | 键盘控制——keyboard 指令 ..... | 397 |
| 13.5.3 | 暂停执行——pause 指令 .....    | 397 |
| 13.5.4 | 终止操作——return 指令 .....   | 399 |
| 13.5.5 | 错误警告——warning 指令 .....  | 400 |
| 13.5.6 | 警告中止——error 指令 .....    | 401 |
| 13.5.7 | 指令查询——echo 指令 .....     | 401 |
| 13.6   | 小结 .....                | 402 |
| 第 14 章 | 程序调试、优化和出错处理 .....      | 403 |
| 14.1   | 程序调试 .....              | 403 |
| 14.1.1 | 调试的基本任务 .....           | 403 |
| 14.1.2 | 调试函数 .....              | 406 |
| 14.1.3 | MATLAB 调试器 .....        | 407 |
| 14.1.4 | 警告和错误 .....             | 412 |
| 14.2   | 性能优化 .....              | 413 |
| 14.2.1 | 性能分析 .....              | 413 |
| 14.2.2 | 效率优化技术 .....            | 416 |
| 14.2.3 | 内存优化技术 .....            | 416 |
| 14.3   | 出错处理 .....              | 417 |
| 14.3.1 | Try-catch 错误查询 .....    | 417 |
| 14.3.2 | 错误处理 .....              | 417 |
| 14.4   | 小结 .....                | 420 |
| 第 15 章 | 图形用户界面 (GUI) .....      | 421 |
| 15.1   | GUI 设计方式 .....          | 421 |
| 15.1.1 | GUI 对象及层次结构 .....       | 421 |
| 15.1.2 | 回调函数 .....              | 422 |
| 15.1.3 | 手工代码式 GUI 程序 .....      | 423 |
| 15.1.4 | GUIDE 式 GUI 程序 .....    | 425 |
| 15.1.5 | GUIDE 界面环境 .....        | 428 |
| 15.2   | GUI 界面设计 .....          | 431 |
| 15.2.1 | 界面设计原则 .....            | 431 |
| 15.2.2 | 窗口和轴 .....              | 432 |
| 15.2.3 | 菜单 .....                | 432 |
| 15.2.4 | 控件 .....                | 436 |
| 15.3   | GUI 程序设计 .....          | 436 |
| 15.3.1 | GUI M 文件结构 .....        | 436 |
| 15.3.2 | GUIDE 的数据组织 .....       | 437 |
| 15.3.3 | 设计回调函数 .....            | 438 |
| 15.4   | GUI 应用实例 .....          | 439 |

|        |                           |     |
|--------|---------------------------|-----|
| 15.4.1 | 分析用户需求                    | 440 |
| 15.4.2 | 设计 GUI 界面                 | 440 |
| 15.4.3 | 设计 GUI 程序                 | 443 |
| 15.4.4 | GUI 程序发布                  | 444 |
| 15.5   | 小结                        | 445 |
| 第 16 章 | MATLAB 文件 I/O 操作          | 446 |
| 16.1   | MATLAB 可读取文件格式            | 446 |
| 16.2   | 高级文件 I/O 程序               | 447 |
| 16.2.1 | LOAD/SAVE 函数              | 447 |
| 16.2.2 | UIGETFILE/UIPUTFILE 函数    | 448 |
| 16.2.3 | UIIMPORT/IMPORTDATA 函数    | 449 |
| 16.2.4 | TEXTREAD/STRREAD 函数       | 451 |
| 16.3   | 低级文件 I/O 程序               | 452 |
| 16.3.1 | FOPEN 函数                  | 452 |
| 16.3.2 | FCLOSE 函数                 | 453 |
| 16.3.3 | FWRITE 函数                 | 454 |
| 16.3.4 | FREAD 函数                  | 454 |
| 16.3.5 | FSCANF 函数                 | 455 |
| 16.3.6 | FPRINTF 函数                | 455 |
| 16.4   | 小结                        | 456 |
| 第 17 章 | MATLAB 2013a 编译器          | 457 |
| 17.1   | MATLAB 编译器简介              | 457 |
| 17.1.1 | MATLAB Compiler 4         | 457 |
| 17.1.2 | MATLAB Compiler 4 的功能和局限性 | 458 |
| 17.1.3 | 脚本文件与函数文件的转换              | 459 |
| 17.2   | 编译器的安装和设置                 | 461 |
| 17.2.1 | 安装编译器                     | 461 |
| 17.2.2 | 设置编译器                     | 461 |
| 17.2.3 | 安装 MCR                    | 463 |
| 17.3   | 编译器使用入门                   | 464 |
| 17.3.1 | mcc 编译指令                  | 464 |
| 17.3.2 | M 文件编译                    | 466 |
| 17.3.3 | 编译含绘图指令的 M 文件             | 470 |
| 17.4   | 由 M 文件创建独立可执行的应用程序        | 471 |
| 17.5   | 由 M 文件创建函数库 (DLL)         | 472 |
| 17.6   | 小结                        | 477 |
| 第 18 章 | 应用程序接口                    | 479 |
| 18.1   | mxArray 数据结构              | 479 |
| 18.1.1 | MATLAB 和 C/FORTRAN 中的数组   | 479 |

|        |                                            |     |
|--------|--------------------------------------------|-----|
| 18.1.2 | mxArray                                    | 480 |
| 18.1.3 | mx 函数                                      | 482 |
| 18.2   | C/FORTRAN MEX                              | 486 |
| 18.2.1 | MEX 文件简介                                   | 486 |
| 18.2.2 | 配置 MEX                                     | 489 |
| 18.2.3 | C MEX                                      | 490 |
| 18.2.4 | FORTRAN MEX                                | 492 |
| 18.3   | MATLAB 引擎                                  | 494 |
| 18.3.1 | MATLAB 引擎简介                                | 494 |
| 18.3.2 | MATLAB 引擎函数                                | 495 |
| 18.3.3 | MATLAB 引擎应用示例                              | 497 |
| 18.4   | C 读写 MAT 文件                                | 500 |
| 18.4.1 | MAT 文件                                     | 501 |
| 18.4.2 | MAT 函数                                     | 501 |
| 18.4.3 | C 读写 MAT 文件                                | 502 |
| 18.5   | 小结                                         | 504 |
| 第 19 章 | Notebook 的运用                               | 505 |
| 19.1   | Notebook 安装和启动                             | 505 |
| 19.1.1 | Notebook 的安装                               | 505 |
| 19.1.2 | Notebook 的启动                               | 506 |
| 19.1.3 | Notebook 的初始化                              | 508 |
| 19.2   | 细胞                                         | 508 |
| 19.2.1 | 输入细胞和输出细胞                                  | 508 |
| 19.2.2 | 自初始化细胞                                     | 510 |
| 19.3   | Notebook 菜单                                | 512 |
| 19.3.1 | Define Calc Zone——定义“计算区”                  | 513 |
| 19.3.2 | Group Cells——定义“细胞群”                       | 514 |
| 19.3.3 | Toggle Graph Output for Cell——细胞图形输出拨动控制开关 | 515 |
| 19.3.4 | Evaluate Loop——细胞的循环运行                     | 517 |
| 19.3.5 | Notebook Options——输出细胞格式控制                 | 517 |
| 19.4   | Notebook 使用注意事项                            | 518 |
| 19.5   | 小结                                         | 519 |

## 第 6 篇 MATLAB 常见工具箱

|        |          |     |
|--------|----------|-----|
| 第 20 章 | 图像处理工具箱  | 522 |
| 20.1   | 数字图像基础知识 | 522 |
| 20.1.1 | 数字图像的生成  | 522 |
| 20.1.2 | 图像的类型    | 524 |
| 20.1.3 | 读写图像数据   | 525 |
| 20.1.4 | 显示图像数据   | 527 |

|        |               |     |
|--------|---------------|-----|
| 20.1.5 | 转换图像格式        | 529 |
| 20.2   | 图像的灰度变换       | 534 |
| 20.2.1 | 图像的直方图        | 534 |
| 20.2.2 | 灰度变换          | 536 |
| 20.2.3 | 直方图均衡         | 539 |
| 20.3   | 图像的代数运算       | 540 |
| 20.3.1 | 图像加法          | 541 |
| 20.3.2 | 图像乘法          | 542 |
| 20.3.3 | 图像减法          | 542 |
| 20.3.4 | 图像除法          | 543 |
| 20.4   | 图像的几何运算       | 543 |
| 20.4.1 | 缩放图像          | 543 |
| 20.4.2 | 旋转图像          | 545 |
| 20.4.3 | 裁剪图像          | 546 |
| 20.5   | 线性滤波          | 547 |
| 20.5.1 | 卷积和相关         | 547 |
| 20.5.2 | 线性滤波          | 548 |
| 20.6   | 排序滤波          | 551 |
| 20.6.1 | 中值滤波          | 551 |
| 20.6.2 | 最大(小)值滤波      | 553 |
| 20.7   | 小结            | 554 |
| 第 21 章 | 信号处理工具箱       | 555 |
| 21.1   | MATLAB 中信号的描述 | 555 |
| 21.2   | 典型信号的生成       | 556 |
| 21.2.1 | 正弦波和余弦波       | 556 |
| 21.2.2 | 周期方波和锯齿波      | 558 |
| 21.2.3 | 周期 sinc 函数    | 558 |
| 21.2.4 | 高斯调整正弦脉冲      | 559 |
| 21.2.5 | 扫频信号          | 559 |
| 21.2.6 | 单位脉冲信号        | 560 |
| 21.2.7 | 单位序列          | 561 |
| 21.2.8 | 均匀分布的随机序列     | 562 |
| 21.2.9 | 高斯分布的随机序列     | 562 |
| 21.3   | 随机信号处理和谱分析    | 563 |
| 21.3.1 | 随机信号互相关函数估计   | 563 |
| 21.3.2 | 互协方差函数估计      | 564 |
| 21.3.3 | 谱分析函数 psd     | 565 |
| 21.3.4 | 谱分析函数 pwelch  | 566 |
| 21.4   | 模拟滤波器设计       | 568 |
| 21.4.1 | 滤波器的设计参数      | 568 |